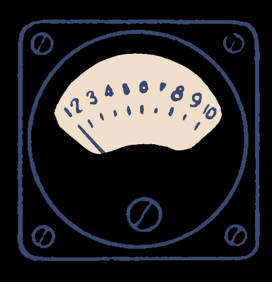
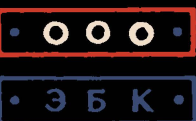




p-n-p n-p-n

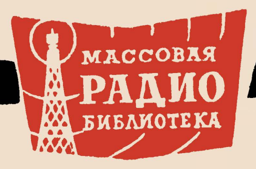


p-n-p

А. А. Орлов
В. В. Яковлев

Простейшие измерительные приборы для проверки транзисторов

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

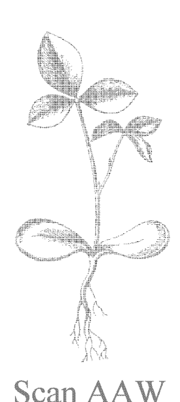


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 477

А. А. ОРЛОВ и В. В. ЯКОВЛЕВ

ПРОСТЕЙШИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТРАНЗИСТОРОВ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1963 ЛЕНИНГРАД

~~621.317.799.621.382.0,01.4~~

621.396.08

В брошюре приводится описание простейших самодельных приборов для измерения основных параметров транзисторов.

Брошюра рассчитана на радиолюбителя, имеющего небольшой опыт работы с транзисторами.

СОДЕРЖАНИЕ

О66 *Орлов Андрей Алексеевич, Яковлев Валерий Владимирович*
Простейшие измерительные приборы для проверки транзисторов.
М.—Л., Госэнергоиздат, 1963
16 стр., с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 477).

* * *

Редактор *В. К. Лабутин* Техн. редактор *Г. Е Ларионов*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 19/III 1963 г. Подписано к печати 27/VI 1963 г.
Т-09005 Бумага 84×108$^1/_{32}$ 0,82 печ. л. Уч.-изд. л. 0,9
Тираж 84 000 экз. Цена 04 коп. Заказ 130

Типография № 1 Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Прибор служит для проверки наиболее важных параметров маломощных транзисторов — коэффициента усиления по току в схеме с общим эмиттером и начального тока коллектора при отключенной базе. Кроме того, с помощью этого прибора можно быстро определить наличие в транзисторе короткого замыкания или обрыва. Прибор позволяет проверять транзисторы любой структуры (*n-p-n* и *p-n-p*).

Как известно, коэффициент усиления по току транзистора в схеме с общим эмиттером β равен отношению малых приращений тока коллектора и тока базы при неизменном напряжении коллектора.

$$\beta = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б} \text{ при } U_к = \text{const}.$$

В описываемом приборе, принципиальная схема которого приведена на рис 1, вместо отношения малых приращений измеряется

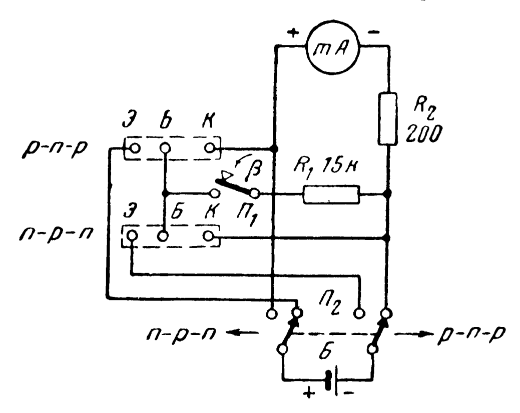


Рис. 1. Принципиальная схема прибора для проверки транзисторов.

непосредственно отношение постоянного тока в цепи коллектора к вызвавшему его постоянному току базы. Это отношение обычно называют коэффициентом усиления по постоянному току *B*, причем его величина при небольших токах коллектора (несколько миллиампер) близка к значению малосигнального коэффициента усиления по току β.

Прибор состоит из миллиамперметра mA, переключателей $П_1$ и $П_2$, постоянных сопротивлений R_1 и R_2, источника питания $Б$ и двух контактных планок с гнездами.

Добавочное сопротивление в цепи коллектора транзистора R_2 предохраняет стрелочный прибор от больших перегрузок в случае короткого замыкания в транзисторе, а сопротивление R_1 в цепи базы при замкнутом переключателе $П_1$ обеспечивает ток базы, равный 100 *мка*. Переключатель $П_2$ изменяет полярность подключения источника питания в соответствии со структурой испытываемого транзистора. При разомкнутом переключателе $П_1$ база транзистора отключается от источника питания и миллиамперметр показывает величину начального тока коллектора.

В качестве переключателя $П_1$ применен микровыключатель, а в качестве переключателя $П_2$ — шестиконтактный тумблер. Питание прибора осуществляется от одного гальванического элемента типа ФБС-0,25 напряжением 1,5 *в*. Миллиамперметр имеет шкалу на 7,5 *ма*, по которой непосредственно отсчитывается значение начального тока коллектора, а значение коэффициента усиления по току B определяется умножением показаний миллиамперметра на 10. Таким образом, пределы измерения B ограничены максимальным значением 75.

Внешний вид прибора показан на рис. 2, а его монтаж на рис. 3.

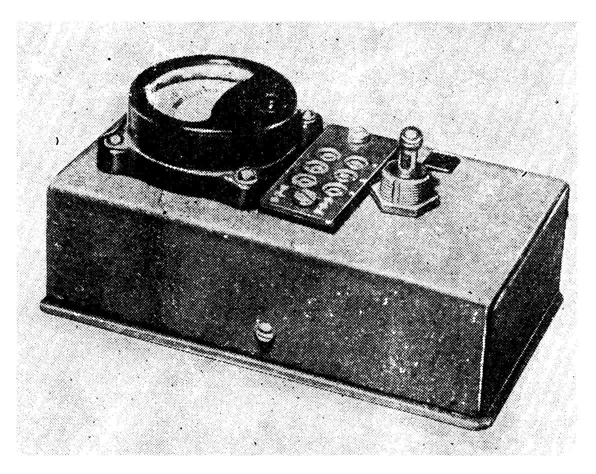


Рис. 2. Внешний вид прибора для проверки транзисторов

Порядок проверки транзистора сводится к следующему. Переключатель $П_2$ прибора устанавливают в положение, соответствующее структуре испытываемого транзистора, а сам транзистор вставляют в гнезда соответствующей контактной планки. Если транзистор исправен, то стрелочный прибор должен показать величину начального тока коллектора, который обычно не превышает нескольких десятых долей миллиампера. При наличии короткого замыкания

в транзисторе стрелка миллиамперметра будет заходить за шкалу. Коэффициент усиления по току B измеряют при нажатом микровыключателе $П_1$.

Если читатель желает сделать аналогичный прибор с другим миллиамперметром или изменить пределы измерения коэффициента усиления по току, то может потребоваться изменение номинала сопротивления R_1.

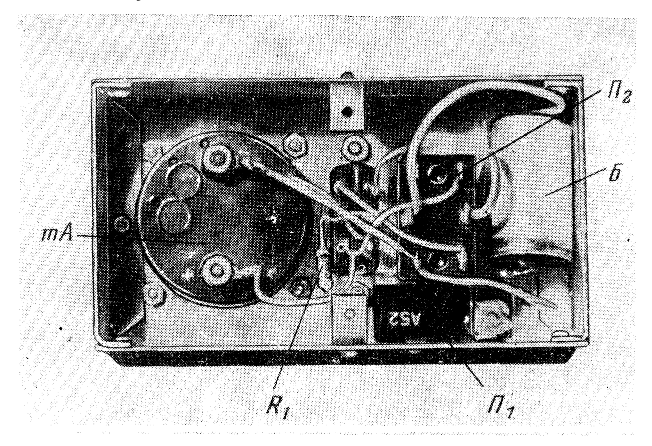


Рис. 3. Монтаж прибора для проверки транзисторов.

Необходимую величину R_1 при других значениях напряжения U батареи тока I, отклоняющего стрелку миллиамперметра на всю шкалу, и желаемого предела измерения коэффициента усиления по току $B_{макс}$ рассчитывают по формуле

$$R_1 = \frac{UB_{макс}}{I},$$

где U — в вольтах; I — в миллиамперах и R_1 — в килоомах.

Так, например, для измерения B в пределах до $B_{макс}=100$ при применении миллиамперметра со шкалой на 10 *ма* и прежнего источника питания ($U=1{,}5$ *в*) необходимо сопротивление

$$R_1 = \frac{1{,}5\cdot 100}{10} = 15 \text{ ком}.$$

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТРАНЗИСТОРОВ В РЕЖИМЕ ГЕНЕРАЦИИ

Прибор позволяет производить сравнительную оценку усилительных свойств транзисторов в режиме генерации на низкой частоте. Проверка транзисторов производится по коэффициенту обратной связи, при котором возникает генерация Момент срыва и возникновения генерации фиксируется неоновой лампой, изменение обратной связи осуществляется регулировкой потенциометра R_1.

который шунтирует выводы база — эмиттер испытываемого транзистора.

Как видно из схемы (рис. 4), прибор представляет собой обычный звуковой генератор с индуктивной обратной связью. В цепи коллектора испытываемого транзистора включена обмотка *I* трансформатора *Тр*, обмотка *II* введена в цепь положительной обратной связи, а обмотка *III* (повышающая) обеспечивает зажигание неоновой лампы *Л* при возникновении генерации.

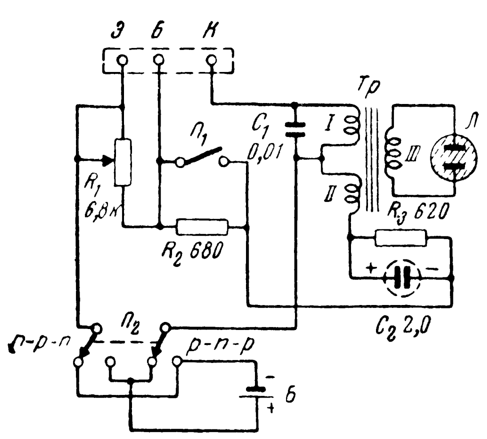


Рис 4. Принципиальная схема прибора для проверки транзисторов в режиме генерации.

Частота генерируемых колебаний (порядка 1 *кгц*) зависит от емкости конденсатора C_1. Переключатель $П_1$ позволяет изменять ток смещения в цепи базы (при испытании мощных транзисторов этот переключатель следует замыкать), а переключатель $П_2$ изменяет полярность источника питания *Б* (гальванический элемент типа ФБС-0,25), что позволяет испытывать транзисторы различной структуры.

Вместо неоновой лампы в качестве индикатора генерации можно применять высокоомные головные телефоны или ламповый вольтметр (например, типа ВКС-7б), подключаемые к повышающей обмотке трансформатора.

Порядок испытания транзисторов сводится к следующему. Переключатель $П_2$ устанавливают в положение, соответствующее структуре испытываемого транзистора, переключатель $П_1$ выключают, а движок потенциометра R_1 ставят в верхнее (по схеме) положение. После подключения к прибору транзистора вращением движка потенциометра R_1 добиваются срыва генерации, что определяется по неоновой лампе *Л*. Положение потенциометра в момент срыва генерации характеризует коэффициент усиления транзистора, в связи с чем шкалу потенциометра R_1 можно отградуировать в значениях β.

Конструкция прибора весьма проста (рис. 5). В небольшом футляре размещаются все детали и источник питания. На верхнюю

панель выведены ось потенциометра R_1, переключатель полярности питания $П_2$, выключатель $П_1$ и контактная планка с гнездами. Размещение деталей и монтаж прибора видны на рис. 6.

Трансформатор *Тр* выполнен на сердечнике из пермаллоевой ленты шириной 6 *мм*. Обмотка *I* состоит из 110, обмотка *II* — из 22, а обмотка *III* — из 1 980 витков провода ПЭЛ 0,09

В приборе использована миниатюрная неоновая лампа типа МН-5.

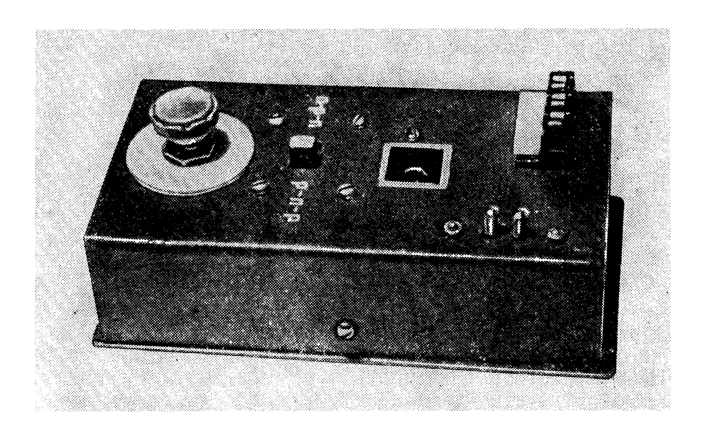


Рис. 5. Внешний вид прибора для проверки транзисторов в режиме генерации.

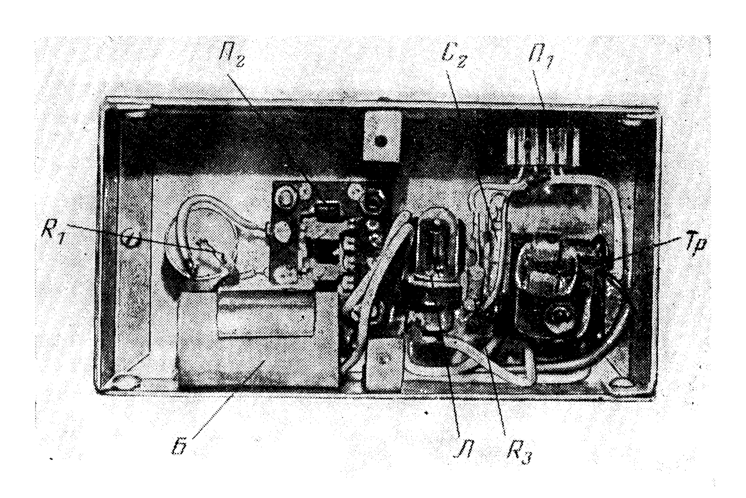


Рис. 6. Монтаж прибора для проверки транзисторов в режиме генерации.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ МАКСИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАЦИИ

Максимальная частота генерации ($f_{макс}$) является важным параметром, комплексно описывающим высокочастотные свойства транзистора. Это частота, на которой коэффициент усиления мощности снижается до единицы и, следовательно, транзистор теряет усилительные свойства.

Значение $f_{макс}$ связано с величинами других высокочастотных параметров транзистора следующим образом:

$$f_{макс} = \sqrt{\frac{f_\alpha}{r'_б C_к}},$$

где $f_{макс}$ — максимальная частота генерации;

f_α — граничная частота коэффициента усиления по току в схеме с общей базой, *Мгц*;

$r'_б$ — распределенное сопротивление базы, *ом*;

$C_к$ — емкость коллекторного *p-n* перехода, *пф*.

На рис. 7 приведена принципиальная схема прибора, предназначенного для оценки максимальной частоты генерации транзисторов. Испытываемый транзистор включается в схему генератора с емкостной обратной связью, позволяющего перекрыть диапазон частот от 400 *кгц* до 30 *Мгц*. Весь диапазон частот разбит на пять поддиапазонов, наиболее характерных для выявления пригодности испытываемого транзистора в радиолюбительских конструкциях. Колебательный контур генератора образуется одной из катушек индуктивности L_1—L_5 и конденсатором переменной емкости C_1. Напряжение обратной связи вводится в цепь эмиттера с помощью

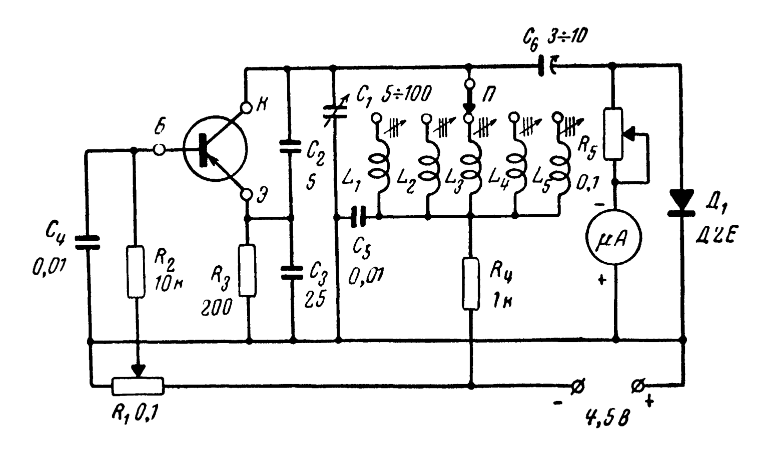


Рис 7. Принципиальная схема прибора для проверки максимальной частоты генерации транзисторов.

емкостного делителя, составленного из конденсаторов C_2 и C_3. Рабочая точка транзистора устанавливается потенциометром R_1, который позволяет изменять ток базы. При этом ток коллектора регулируется в пределах от 0,1—0,2 до 5 *ма* (у большинства маломощных транзисторов значение коллекторного тока в режиме генерации выбирают порядка 1—2 *ма*). Сопротивления R_2 и R_4 предотвращают выход транзистора из строя при неправильном включении полярности источника питания.

Индикация наличия колебаний высокой частоты осуществляется при помощи микроамперметра μA, измеряющего постоянный ток в цепи детектора $Д_1$. Переменное сопротивление позволяет регулировать чувствительность прибора при проверке различных транзисторов.

Техника измерений заключается в следующем. Проверяемый транзистор включается в гнезда *ЭБК*. Переключателем диапазонов подключается катушка L_1 (400—700 *кгц*). Сопротивлением R_1 и конденсатором C_1 добиваются генерации. При этом движок сопротивления R_5 должен находиться в положении, обеспечивающем максимальную чувствительность индикатора генерации.

Затем переключателем диапазонов включают следующую катушку индуктивности (L_2) и повторяют все операции, добиваясь генерации. Максимальная частота, на которой удается достигнуть генерации, может быть определена при помощи волномера или по шкале радиоприемника.

По измеряемым значениям можно рационально распределить транзисторы по каскадам самодельного приемника. Транзисторы, имеющие $f_{макс} \leqslant$ 400—700 *кгц*, следует ставить в усилитель промежуточной частоты на 110 *кгц* и в усилитель высокой частоты на 150—300 *кгц*. Если $f_{макс} \geqslant 2$ *Мгц*, то транзистор пригоден для работы в усилителе промежуточной частоты на 465 *кгц* и в усилителе высокой частоты длинноволнового диапазона. В усилителе высокой частоты и в гетеродине приемника, имеющего длинноволновый и средневолновый диапазоны, а также в регенеративном детекторе надо применять наиболее высокочастотные транзисторы ($f_{макс} > 3$ *Мгц*).

Данные катушек прибора приведены в таблице. Катушка L_1 намотана на каркасе диаметром 12 *мм*, а остальные катушки на каркасе диаметром 15 *мм*, причем катушка L_5 намотана с шагом 1 *мм* на фарфоровом каркасе.

Катушка	Диапазон частот, *Мгц*	Число витков	Провод
L_1	0,4—0,7	500	ПЭШО 0,15
L_2	2—5	60	ПЭЛ 0,6
L_3	5—10	43	ПЭЛ 0,6
L_4	10—17	18	ПЭЛ 0,6
L_5	17—30	7	ПЭЛ 1,0

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТРАНЗИСТОРОВ

Прибор (рис. 8) позволяет измерять обратный ток коллектора $I_{к.о}$, коэффициент усиления по току β и максимальную частоту генерации $f_{макс}$. Им можно проверять транзисторы структур *n-p-n* и *p-n-p*.

Отсчет $I_{к.о}$ и β производится непосредственно по шкале микроамперметра μA на 100 *мка*. Оценка максимальной частоты генерации осуществляется с помощью генератора с настройкой на фиксированные частоты. Наличие генерации определяется по микроамперметру, включаемому при этом в схему детектора $Д_1$.

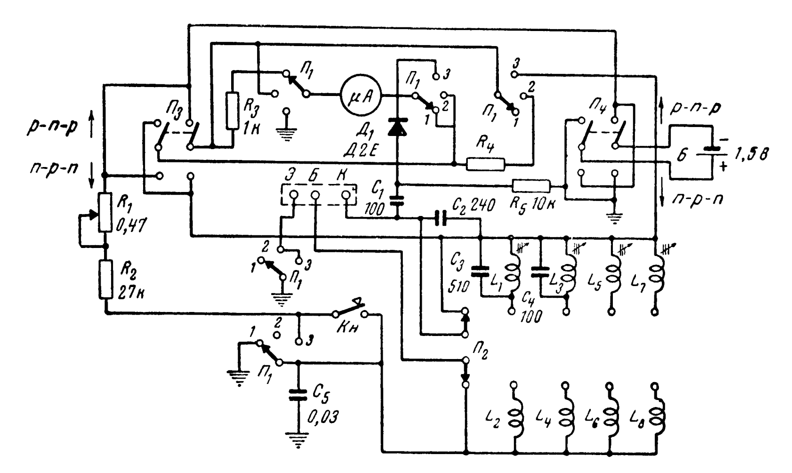


Рис. 8. Принципиальная схема универсального прибора для проверки транзисторов

Прибор имеет следующие органы управления: переключатель рода работы $П_1$, переключатель фиксированных частот генератора $П_2$, переключатели $П_3$ и $П_4$, изменяющие полярность подключения источника питания и микроамперметра в соответствии со структурой испытываемого транзистора, и потенциометр R_1, изменяющий ток в цепи базы транзистора.

При измерении обратного тока коллектора переключатель рода работы $П_1$ устанавливают в положение *1*. При этом микроамперметр включается в цепь коллектора проверяемого транзистора (цепь эмиттера разомкнута) и показывает величину обратного тока коллектора. Сопротивление R_3 ограничивает ток через микроамперметр при проверке неисправных транзисторов.

Для измерения коэффициента усиления переключатель рода работы $П_1$ устанавливается в положение *2*, а переменное сопротивление R_1 вводится полностью. При этом микроамперметр остается включенным в цепь коллектора, но чувствительность его понижается со 100 *мка* до 10 *ма* из-за подключения шунта. Суммарная величи-

на сопротивлений R_1 и R_2 при нажатии кнопки *Кн* обеспечивает в цепи базы проверяемого транзистора ток 100 *мка*, что соответствует измерению β от 0 до 100.

Для проверки максимальной частоты генерации переключатель рода работы $П_1$ устанавливают в положение *3*, а переключатель фиксированных частот $П_2$ на низшую частоту (0,5 *Мгц*). При этом проверяемый транзистор оказывается введенным в схему генератора высокой частоты с индуктивной обратной связью, а микроамперметр подключается к детектору $Д_1$, на который подается напряжение с колебательного контура через конденсатор C_1. Изменяя положение переключателя фиксированных частот, находят предельную частоту, на которой генерирует испытываемый транзистор. Интенсивность колебаний, указываемая стрелочным прибором, зависит от тока базы и может регулироваться в небольших пределах потенциометром R_1.

При проверке или отбраковке транзисторов нужно помнить, что чем выше максимальная частота генерации и чем меньше ток базы, при котором возникает генерация, тем лучше испытанный транзистор.

Измерительный прибор выполнен в небольшом футляре (рис. 9). На верхней панели размещен микроамперметр, переключатели рода работы и фиксированных частот, панелька с гнездами и два переключателя полярности (*p-n-p* — *n-p-n*). На переднюю панель выведена кнопка *Кн*, а на боковую стенку — ручка потенциометра R_1. Размещение деталей и монтаж показаны на рис. 10.

Катушки контуров L_1, L_3, L_5 и L_7 имеют соответственно 210, 160, 100 и 75 витков провода ПЭЛШО 0,1, а катушки связи L_2, L_4, L_6 и L_8 — 48, 35, 22, 18 витков того же провода. Катушки намотаны на секционированных шпулях высотой 10 и диаметром 8 *мм*. Подстройка фиксированных частот генерации (0,5, 1,5, 5 и 10 *Мгц*) при налаживании прибора осуществляется сердечниками Ф-600 (диаметром 3 *мм*), введенными в каждую катушку.

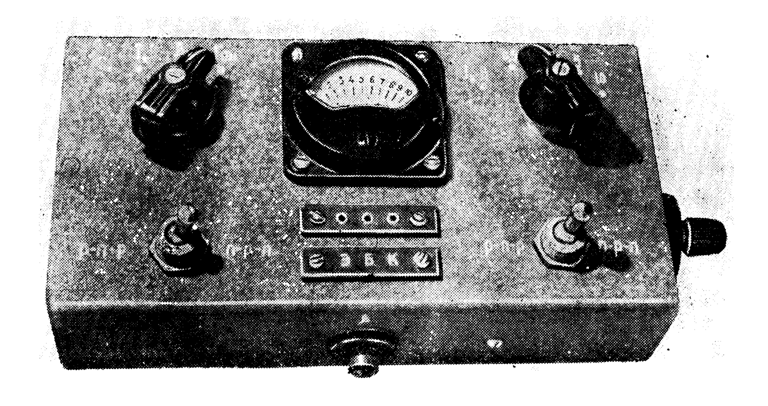


Рис. 9. Внешний вид универсального прибора для проверки транзисторов.

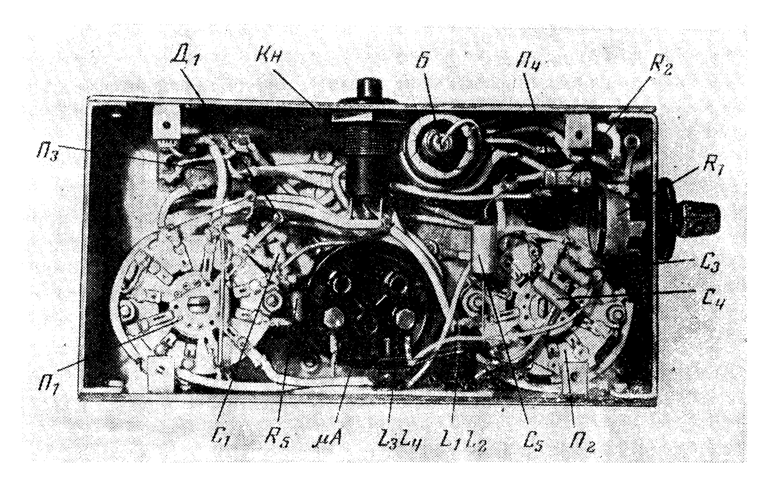


Рис 10. Монтаж универсального прибора для проверки транзисторов.

ПРИБОР ДЛЯ ПОДБОРА ИДЕНТИЧНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

У однотипных транзисторов наблюдается большой разброс параметров. Поэтому для работы в двухтактных усилителях низкой частоты, балансных усилителях, симметричных мультивибраторах, триггерах и некоторых других схемах приходится подбирать транзисторы с идентичными параметрами.

На рис. 11 приведена схема простейшего прибора, позволяющего решить эту задачу. Прибор включает в себя микроамперметр μA и миллиамперметр mA, измеряющие соответственно токи в цепях

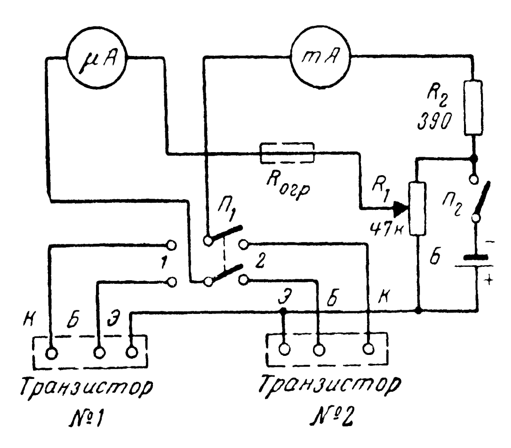


Рис. 11. Схема прибора для подбора идентичных транзисторов.

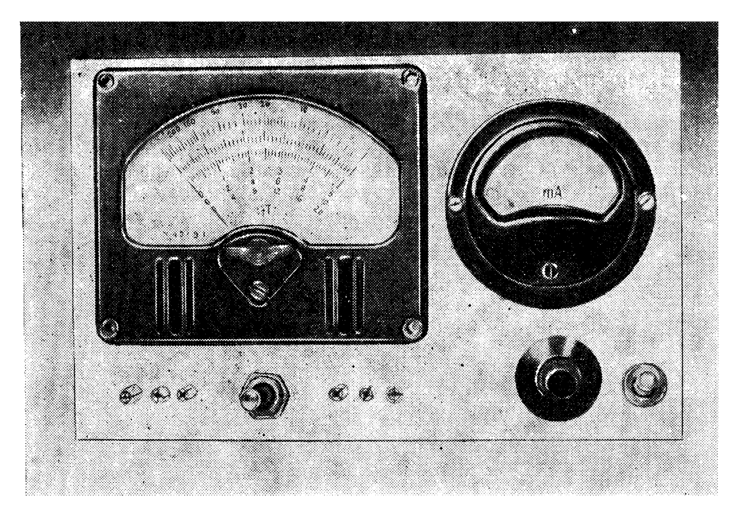


Рис. 12 Внешний вид прибора для подбора идентичных транзисторов.

базы и коллектора сравниваемых транзисторов, переключатель $П_1$ и потенциометр R_1, с помощью которого устанавливается ток базы Сопротивление в цепи коллектора R_2 ограничивает максимальный ток.

Подбор идентичных транзисторов заключается в следующем Установив переключатель $П_1$ в положение *1* и вставив пару транзисторов в соответствующие гнезда прибора, переключателем $П_2$ подключают источник питания *Б*. Сопротивлением R_1 устанавливают ток базы (10—20 *мка*) для транзистора № 1 и по миллиамперметру *mA* фиксируют соответствующее значение тока коллектора. Затем переключатель $П_1$ устанавливают в положение *2* и фиксируют ток коллектора транзистора № 2. Постепенно увеличивая ток базы и переключая транзисторы, снимают зависимости коллекторных токов от тока базы для обоих транзисторов. По полученным данным можно построить графики этих зависимостей.

Характеристики пары транзисторов можно считать идентичными, если их токи коллекторов в отдельных точках отличаются не более чем на 5—10%.

Питание прибора осуществляется от гальванического элемента типа «Сатурн». Микроамперметр *μA* имеет шкалу на 200 *мка*, а миллиамперметр *mA* — шкалу на 5 *ма*. Для защиты микроамперметра от перегрузок полезно ввести ограничивающее ток базы сопротивление $R_{огр}$ (4,7 *ком*).

Внешний вид прибора показан на рис. 12.

ПРИСТАВКА К ОСЦИЛЛОГРАФУ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО ПОДБОРА ИДЕНТИЧНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Приставка позволяет наблюдать на экране осциллографа одновременно характеристики двух транзисторов, что обеспечивает высокую точность их подбора.

Схема приставки приведена на рис. 13. Она позволяет наблюдать зависимости коллекторных токов двух транзисторов от тока базы при постоянном напряжении на коллекторе. Источником входного сигнала служит сеть переменного тока (50 *гц*) или звуковой генератор. Одновременное наблюдение характеристик двух транзисторов обеспечивается тем, что их базовые цепи питаются от вторичной обмотки *II* со средней точкой трансформатора *Тр*, причем коммутация тока может осуществляться эмиттерными переходами самих транзисторов Для более надежной отсечки тока в схему

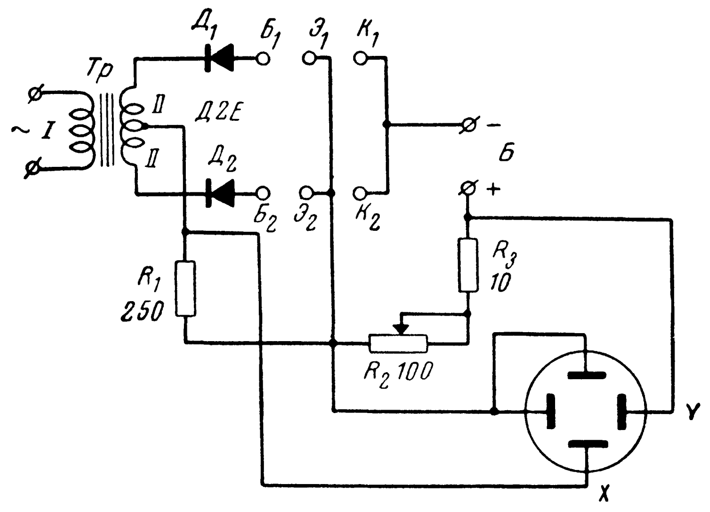


Рис 13. Схема приставки к осциллографу.

введены полупроводниковые диоды $Д_1$ и $Д_2$. При этом в течение одного периода переменного напряжения на экране осциллографа последовательно вычерчиваются характеристики обоих транзисторов.

Переменное сопротивление R_2 позволяет изменять масштаб наблюдаемых характеристик по оси *Y*. Если транзисторы идентичны, то их характеристики расположены близко одна от другой или в идеальном случае сливаются в одну.

Питание коллекторной цепи проще всего осуществить от гальванической батареи *Б*. Для питания базовых цепей можно использовать трансформатор от двухтактного усилителя низкой частоты любого приемника, на вход которого при отсутствии звукового генератора можно подать напряжение от накальной обмотки трансформатора питания через сопротивление в несколько килоом.

ПРОВЕРКА МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ОММЕТРА

Проверить исправность мощных транзисторов типов П201 и П4 можно с помощью обычного омметра, который должен быть низкоомным и собранным по последовательной схеме.

Сначала определяется начальный ток коллектора при отключенной базе (рис. 14). Для этого омметр включается на шкалу X10 и производится измерение величины сопротивления участка эмиттер — коллектор. При этом необходимо соблюдать правильную полярность напряжения на электродах транзистора: минус на коллекторе, плюс на эмиттере (у универсальных тестеров это будет иметь место, когда эмиттер транзистора присоединяется к гнезду тестера). Чем больше сопротивление, измеренное омметром, тем меньше начальный ток. Для транзисторов типа П201 это сопротивление составляет 1—5 *ком*, а для транзисторов типа П4 оно порядка 0,2—1,5 *ком*. Нулевое показание омметра ($R=0$) свидетельствует о коротком замыкании в транзисторе.

Затем приступают к оценке коэффициента усиления по току β, для чего между базой и коллектором испытываемого транзистора включают сопротивление $R_{см}=1$ *ком* (рис. 15), через которое в базу вводится ток смещения. В этом случае омметр фиксирует уменьшение измеряемого сопротивления, т. е увеличение коллекторного

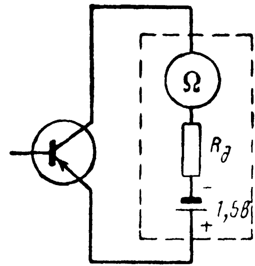


Рис. 14. Схема проверки начального тока коллектора мощных транзисторов с помощью омметра.

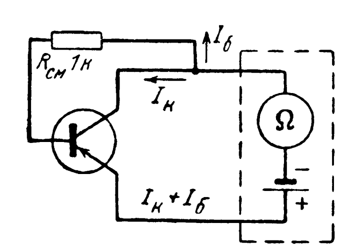


Рис. 15. Схема оценки коэффициента усиления по току мощных транзисторов с помощью омметра.

тока. Если измеряемое сопротивление не уменьшается при подключении $R_{см}$, то это свидетельствует о неисправности транзистора (обрыв базы).

На основании полученных измерений с помощью тестера типа ТТ-1 можно определить β по формуле

$$\beta = \frac{1\,200}{R_2},$$

где R_2 — показание омметра.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Этот прибор позволяет проверять коэффициент усиления по току β у мощных транзисторов типов П201-П203 и П4. Схема прибора приведена на рис. 16

Измерение β мощных транзисторов умышленно производится при низком напряжении на коллекторе так как при больших напряжениях (более 3 *в*) на коллекторе рассеивается значительная мощность, вызывающая заметный разогрев коллекторного *p*—*n*-пе-

рехода, вследствие чего возрастает ток насыщения транзистора, что приводит к значительным ошибкам в определении β

Принцип действия прибора основан на измерении постоянных токов в цепях базы и коллектора испытываемого транзистора, для чего служат два миллиамперметра *mA* соответственно на 10

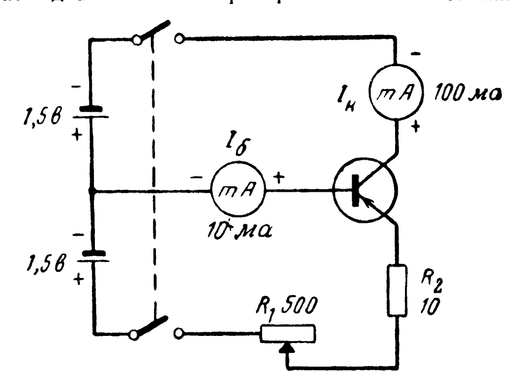


Рис. 16. Схема для измерения коэффициента усиления по току мощных транзисторов.

и 100 *ма*. С помощью переменного сопротивления R_1 устанавливают желаемый ток коллектора $I_б$ и замечают значение тока базы $I_б$. Тогда

$$\beta \approx \frac{I_к}{I_б}.$$

Сопротивление R_2 ограничивает максимальный ток. Питание прибора осуществляется от двух гальванических элементов типа ФБС-0,25.

Цена 04 коп.